

## **Antecedentes sobre servicios ecosistémicos vinculados a la adaptación al cambio climático provistos por los ecosistemas costeros y experiencias de Adaptación basada en Ecosistemas aplicables a la costa uruguaya**

### **Producto 2: Informe 2**

Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas

Paulina Cerruti

Mayo 2023

*Este producto fue elaborado en el marco del proyecto "Mejora de las capacidades técnicas de Uruguay y la solidez de la cartera de proyectos para acceder al financiamiento del FVC" (URY-RS-007), liderado por el Ministerio de Ambiente, implementado por la Corporación Nacional para el Desarrollo y financiado por el Fondo Verde del Clima.*

## Contenidos

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS VINCULADOS A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PROVISTOS POR LOS ECOSISTEMAS COSTEROS .....</b>	<b>4</b>
<b>1.0. Servicios Ecosistémicos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Ecosistemas y geoformas costeras en Uruguay .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Servicios ecosistémicos vinculados a la adaptación al cambio climático provistos por los ecosistemas costeros anteriormente mencionados .....</b>	<b>6</b>
Control de las inundaciones .....	7
Control de la erosión en las riberas y la erosión costera .....	8
Regulación térmica.....	9
<b>CAPÍTULO 2: EXPERIENCIAS DE AbE Y ESPECIFICACIONES PARA SU MONITOREO APLICABLES A LA ZONA COSTERA URUGUAYA .....</b>	<b>10</b>
<b>2.0. Acciones Basadas en Ecosistemas (AbE) .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Etapas para la formulación de proyectos de AbE .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Criterios para la definición de medidas de AbE .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3. Experiencias de AbE aplicables a la costa uruguaya.....</b>	<b>14</b>
Restauración de la vegetación ribereña .....	15
Restauración de humedales .....	18
Restauración del cordón dunar litoral .....	19
Restauración de las vías naturales de drenaje .....	21
Aumento del verde urbano .....	23
Recuperación de la planicie de inundación .....	24
Estabilización de las riberas.....	26
<b>2.4. Medidas complementarias a las medidas de AbE.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5. Medidas estructurales complementarias a las medidas de AbE .....</b>	<b>27</b>
Recolección de agua de lluvia .....	27
Techos verdes .....	28
Jardines de lluvia, zanjas y franjas filtrantes .....	28
Pavimentos permeables .....	28
<b>2.6. Medidas no estructurales complementarias a las medidas de AbE .....</b>	<b>30</b>
Legislación para la protección y gestión de suelos y cuencas hidrográficas .....	30
Planificación de uso de la tierra y zonificación .....	30
Normas de construcción de viviendas resilientes.....	31
<b>2.7. Especificaciones para el monitoreo de las AbE mencionadas .....</b>	<b>31</b>
Indicadores que pueden ser utilizados en los programas de monitoreo y evaluación de las medidas AbE mencionadas .....	33
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>36</b>

## INTRODUCCIÓN

El Fondo Verde para el Clima (FVC) fue establecido en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático con el propósito de contribuir de forma significativa a los esfuerzos mundiales para enfrentar el cambio climático.

En agosto de 2022 inició el proyecto financiado por el Programa de apoyo preparatorio del Fondo Verde del Clima (FVC): "Mejora de las capacidades técnicas de Uruguay y la solidez de la cartera de proyectos para acceder al financiamiento del FVC" (URY-RS-007), que tiene por objetivo catalizar el acceso de Uruguay al financiamiento climático, en particular al financiamiento del FVC, para lograr trayectorias resilientes al clima y bajas en emisiones.

En el marco de este proyecto se desarrolla la Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas, la cual tiene como objetivo identificar y caracterizar los ecosistemas costeros y valorar su estado de conservación, vulnerabilidad y servicios ecosistémicos a modo de insumo para la elaboración de mapas de riesgo de inundación en ambientes costeros, así como para el diseño de alternativas y anteproyectos que incorporen el enfoque de adaptación basada en ecosistemas.

Este documento corresponde al Producto 2 de la Consultoría para el Análisis de Ecosistemas y Servicios Ecosistémicos clave para la adaptación costera basada en ecosistemas.

## **CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS VINCULADOS A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PROVISTOS POR LOS ECOSISTEMAS COSTEROS.**

### **1.0. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Los servicios ecosistémicos refieren a los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Si bien existen diversas definiciones sobre este concepto, el mismo puede entenderse como los aspectos de los ecosistemas que son utilizados para producir bienestar humano, o las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas sustentan y satisfacen la vida humana (Fernández, 2021).

Se pueden distinguir tres tipos de servicios ecosistémicos directamente recibidos por las personas: los servicios de abastecimiento (como alimentos, fuentes de energía, agua dulce, recursos genéticos y madera), los servicios de regulación (como la regulación del clima, de la cantidad y calidad de agua, el control de la erosión, de las enfermedades, de la fuerza de los vientos o las olas) y los servicios culturales (por ejemplo, espirituales, religiosos, de disfrute estético, de recreación o educativos) (MEA, 2005; Locatelli & Kannini, 2010).

### **1.1. ECOSISTEMAS Y GEOFORMAS COSTERAS DE URUGUAY**

Existen diversas formas de considerar a los ecosistemas y geoformas costeras (Fernández, 2021). En este informe, se considerarán ecosistemas y geoformas costeras a aquellos que se puedan encontrar localizados dentro de una faja de 5km desde la línea costera uruguaya (Ríos et al., 2011).

La tipología utilizada para categorizar a los ecosistemas y geoformas costeros en este documento, está basada en la propuesta por el proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación.

A continuación, se indican las ecosistemas y geoformas costeras presentes en Uruguay, agrupados bajo tres niveles de detalle, siendo el Nivel 1 más abarcativo que el Nivel 2, y el Nivel 2 más abarcativo que el Nivel 3 (proyecto “REACC COSTAS” en Uruguay para el Fondo de Adaptación; Fernández, 2021; Mai, 2019; Trimble et al., 2010; Fagúndez & Lezama, 2005):

**Tabla 1:** Ecosistemas y geoformas costeras presentes en Uruguay, agrupados bajo tres niveles de detalle, siendo el Nivel 1 más abarcativo que el Nivel 2, y el Nivel 2 más abarcativo que el Nivel 3.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Sistemas de uso intensivo de la tierra	Espacios verdes y azules urbanos	
	Cultivo agrícola	
	Cultivo forestal	
Costas sedimentarias	Zona infralitoral	Zona de swash
		Playa húmeda
	Zona supralitoral	Playa seca
		Cordón dunar litoral
	Dunas secundarias, sábanas de arena y suelos poco desarrollados.	
	Acantilados	
	Barrancas	
	Cárcavas	
Áreas rocosas	Roca desnuda	
	Herbazal rupícola	
Cuerpos de agua	Tajamar, embalse y lagos artificiales	
	Canales	
	Lagunas naturales	
	Cursos de agua naturales	
Pastizales	Praderas naturales	Estepa psamófila
	Herbáceo psamófilo	
	Praderas inundables	Herbazal psamófilo
Arbustales y matorrales	Matorral psamófilo	Matorrales de arena/Candela
	Matorral en transición	
Bosques	Bosque nativo (indefinido)	
	Bosque ribereño, de galería e hidrófilo	
	Bosque serrano	
	Bosque parque	
	Bosque de quebrada	
	Bosque psamófilo	
	Bosque psamófilo hidrófilo	
	Palmar	
Humedales	Humedal salino (temporal o permanente)	Espartillar
		Hunquillar
	Humedal de agua dulce (temporal o permanente)	Bañado ácido
		Caraguatal

		Césped ribereño
		Juncal
		Pajonal
		Pastizal costero
		Pastizal hidrófilo
		Pastizal uliginoso
		Totalal
		Matorral hidrófilo
		Herbazal hidrófilo
	Humedal interdunar	

## 1.2. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS VINCULADOS A LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PROVISTOS POR LOS ECOSISTEMAS COSTEROS ANTERIORMENTE MENCIONADOS

Los ecosistemas y las geoformas costeras proveen una gran diversidad de Servicios Ecosistémicos de abastecimiento, de regulación y culturales. A continuación, se presentan los Servicios Ecosistémicos provistos por los ecosistemas y geoformas costeras presentes en Uruguay (Fernández, 2021; Speake et al., 2020; Böhnke-Henrichs et al., 2013):

**Tabla 2:** Servicios Ecosistémicos provistos por los ecosistemas y geoformas costeras.

Abastecimiento
Alimento (ej. pesca)
Agua para consumo
Agua para riego
Materiales (ej. madera, leña, fibra)
Producción de forraje para la producción agropecuaria
Productos bioquímicos y recursos medicinales
Recursos genéticos
Regulación
Regulación del ciclo hidrológico
Control de las inundaciones
Moderación de eventos de tormenta extremos
Depuración del agua
Regulación de la calidad del aire
Regulación de las temperaturas
Estabilización de costas
Control de la erosión
Producción primaria
Ciclado de nutrientes
Captura de carbono
Formación de suelo
Protección y reposición de la fertilidad de los suelos

Mantenimiento del ciclo de vida de especies migratorias
Mantenimiento del hábitat de la biodiversidad
Control de enfermedades y plagas
Polinización de cultivos
Mantenimiento del pool genético
<b>Culturales</b>
Ocio
Recreación
Identidad del sitio / herencia cultural
Disfrute espiritual y religioso
Disfrute estético del paisaje
Bienestar físico y mental
Patrimonio cultural
Inspiración para la cultura, el arte y el diseño
Conocimiento ecológico local
Observación de la biodiversidad
Conocimiento científico
Turismo

Los principales efectos del Cambio Climático en las zonas costeras de Uruguay son las inundaciones, la erosión costera y las altas temperaturas. En este informe se hará foco en tres servicios ecosistémicos clave vinculados al cambio climático que pueden proveer los ecosistemas y las geoformas costeras: el **control de inundaciones**, el **control de la erosión**, y la **regulación térmica**. Los tres corresponden a servicios ecosistémicos de regulación (Fernández, 2021; MEA, 2005).

#### CONTROL DE LAS INUNDACIONES:

Es el control del riesgo de inundación causada por el desbordamiento de ríos y arroyos debido a eventos de lluvia, ya sea en las partes altas o medias de las cuencas, así como directamente en los cauces; y el control de las inundaciones causadas por el oleaje en las desembocaduras de los ríos y arroyos (Fernández, 2021; WWF, 2016). Este servicio otorga seguridad a las vidas y construcciones humanas en aquellas zonas que están expuestas a potenciales inundaciones (Fernández, 2021).

La retención del agua en los suelos facilita la transferencia del agua superficial al agua subterránea y ayuda a prevenir o disminuir las inundaciones (MEA, 2005). Por lo tanto, aquellos ecosistemas que favorecen la retención de agua en los suelos proveen un

servicio ecosistémico de control de las inundaciones causadas por desbordamiento de ríos y arroyos o por el efecto de las mareas.

Los cambios en la cobertura terrestre, como la conversión de humedales o la sustitución de bosques por tierras de cultivo o áreas urbanas, pueden tener un impacto significativo en la magnitud de la escorrentía, las inundaciones y la recarga de los acuíferos. Estas alteraciones pueden modificar el potencial de almacenamiento de agua del sistema y afectar la forma en que se produce el flujo de agua en el paisaje (MEA, 2005).

Por otro lado, los cordones dunares, los humedales y los lagos también actúan como amortiguadores de las inundaciones al absorber los picos de escorrentía y el oleaje generado por las tormentas (MEA, 2005).

#### CONTROL DE LA EROSIÓN EN LAS RIBERAS Y LA EROSIÓN COSTERA

El control de la erosión se refiere a los procesos que evitan la degradación del suelo (MEA, 2005).

En las costas arenosas, el control de la erosión es la protección y preservación de los bordes costeros que evita la pérdida de suelo arenoso y su estructura. Los aspectos estructurales de estos ecosistemas, principalmente la cobertura vegetal y sus raíces, y la capacidad de infiltración del sustrato arenoso, realizan las funciones ecosistémicas que sostienen a este servicio. La interrupción del aporte de sedimentos hacia las zonas costeras es una de las principales causas de erosión del cordón dunar litoral (Fernández, 2021), por lo tanto, aquellos ecosistemas que aportan sedimentos a las zonas costeras, aportan un servicio de control de la erosión. El control de la erosión costera protege a las vidas humanas y a las construcciones en las zonas costeras durante eventos de tormentas, al reducir el impacto directo de los vientos y el oleaje, y prevenir las inundaciones causadas por el oleaje (Fernández, 2021).

Por otro lado, el control de la erosión en las riberas es la reducción de la erosión en los márgenes de los cursos de agua. Si bien estas zonas se erosionan naturalmente, una erosión excesiva puede ocasionar la destrucción de infraestructuras y construcciones cercanas, cambios en la geometría del curso, y la pérdida de su planicie de inundación, provocando un aumento del riesgo de inundaciones (Yochum & Reynolds, 2020). En

estos sitios la cobertura vegetal local también desempeña un papel esencial en la retención del suelo y en la prevención de la erosión (MEA, 2016).

### REGULACIÓN TÉRMICA

Es la capacidad de mitigar el impacto de las olas de calor y del efecto isla de calor. Este servicio se basa en funciones ecosistémicas que incluyen la reducción de la exposición al sol y la regulación de la humedad en el territorio que ocupan y en su entorno inmediato (Fernández, 2021). A escala local, los cambios en el uso de suelo pueden afectar a la regulación de la temperatura (MEA, 2016). La regulación térmica está relacionada con la salud humana (Fernández, 2021; MEA, 2016; Soutullo et al., 2012).

En la siguiente tabla, se presentan los servicios ecosistémicos vinculados a la adaptación al cambio climático que provee cada uno de los ecosistemas y geoformas costeras de Uruguay.

Es importante aclarar que si bien los servicios que se presentan son los considerados clave para la adaptación al Cambio Climático en las zonas costeras, estos ecosistemas proveen además otros servicios de mucha importancia que pueden estar relacionados directa o indirectamente al Cambio Climático (como los relacionados a la recreación, al turismo, a la disminución de la contaminación ambiental y a la disponibilidad de hábitat para especies afectadas por el Cambio Climático).

**Tabla 3:** Servicios ecosistémicos clave para la adaptación al cambio climático provistos por los ecosistemas y geoformas costeras presentes en Uruguay. Se indica la fuente consultada para cada uno de los ecosistemas. Tabla adaptada de Fernández (2021).

Ecosistema o geoforma costera	Servicios ecosistémicos vinculados al Cambio Climático
Espacios verdes y azules urbanos	Regulación térmica <sup>12</sup> Control de inundaciones <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fernández, A. 2021. Guía de interpretación e información ambiental para el desarrollo de medidas de adaptación basada en ecosistemas en entornos urbanos. NAP Ciudades. Plan Nacional de Adaptación en ciudades e infraestructuras. MVOT. MA. PNUD.

<sup>2</sup> Borelli, S., Conigliaro, M., & Yujuan, C. 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Estudio FAO: Montes (FAO). 178.

Costas sedimentarias	Control de inundaciones <sup>3</sup>
	Control de la erosión <sup>14</sup>
Cuerpos de agua	Regulación térmica <sup>15</sup>
	Control de inundaciones <sup>15</sup>
Pastizales	Control de inundaciones <sup>16</sup>
	Control de la erosión <sup>16</sup>
Arbustales serranos y matorrales psamófilos	Regulación térmica <sup>5</sup>
	Control de inundaciones <sup>15</sup>
	Control de la erosión <sup>5</sup>
Bosques serranos, Bosques ribereños y Bosques psamófilos	Regulación térmica <sup>5</sup>
	Control de inundaciones <sup>15</sup>
	Control de la erosión <sup>5</sup>
Humedales	Regulación térmica <sup>5</sup>
	Control de inundaciones <sup>15</sup>
	Control de la erosión <sup>5</sup>

## CAPÍTULO 2: EXPERIENCIAS DE ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS (AbE) Y ESPECIFICACIONES PARA SU MONITOREO APLICABLES A LA ZONA COSTERA URUGUAYA.

### 2.0. ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS (AbE)

La UICN define las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como acciones que buscan proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, con el fin de abordar de manera efectiva y adaptativa los desafíos sociales,

<sup>3</sup> Ministerio de Medio Ambiente. (2020, 28 de septiembre). Criterios para la Clasificación de Proyectos de Construcción de Viviendas en Faja de Defensa de Costas.

<sup>4</sup>WWF, U.S. 2016. Natural and nature-based flood management: A green guide. Washington, DC, 20.

<sup>5</sup>Soutullo, A., Bartesaghi, L., Achkar, M., Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., ... & Rodríguez-Gallego, L. 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR-CIEDUR/Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay. 20p.

<sup>7</sup>Nin, M. 2013. Mapeo de servicios ecosistémicos en la cuenca de la Laguna de Rocha como un insumo para la planificación territorial. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

y al mismo tiempo proporcionar beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Cohen-Sacham et al., 2016).

Este concepto de SbN puede desarrollarse a partir de diversos enfoques, dentro de los que se encuentran la adaptación basada en ecosistemas, la mitigación basada en ecosistemas, la reducción del riesgo de desastres basada en ecosistemas, la infraestructura natural e infraestructura verde y los enfoques de gestión basados en ecosistemas (Cohen-Sacham et al., 2016).

La **Adaptación Basada en Ecosistemas** (AbE) se define como el “uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia global de adaptación para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático” (CBD, 2009). Las estrategias de AbE incluyen la gestión sostenible, la conservación y la restauración de los ecosistemas (CBD, 2009; Doswald y Osti, 2011), y vinculan el conocimiento científico con el saber local y ancestral (MADS, 2018).

Los proyectos de AbE suelen incluir un fuerte elemento de participación comunitaria que promueva la generación de conciencia sobre la gestión de los recursos naturales y suelen buscar el apoyo local para las actividades de restauración y gestión sostenible (Cohen-Sacham et al., 2016).

La implementación de medidas de adaptación al Cambio Climático con foco en AbE es considerada una prioridad para Uruguay en la elaboración de los Planes Nacionales de Adaptación (PNAs) (República Oriental del Uruguay, 2022). En la Segunda Contribución Determinada a nivel Nacional al Acuerdo de París (República Oriental del Uruguay, 2022), se identifican los siguientes desafíos para la implementación de este tipo de medidas: el acceso a financiamiento, el diseño inicial de las soluciones y el análisis de su costo-efectividad. Para enfrentarse a estos desafíos es clave la generación de conocimiento sobre la AbE aplicado al territorio, considerándolo como una alternativa efectiva, con foco en la integridad ambiental.

Se destaca además que se requiere integrar el enfoque de AbE para fortalecer las capacidades técnicas a nivel nacional y subnacional, y las del sector privado (como las empresas de servicios de infraestructura y construcción) (República Oriental del Uruguay, 2022).

Entre las medidas de adaptación que se plantean en la Segunda Contribución Determinada a nivel Nacional al Acuerdo de París (República Oriental del Uruguay, 2022) para conseguir los objetivos específicos de adaptación al cambio climático se incluyen las siguientes relativas a la Adaptación basada en Ecosistemas y a los Servicios Ecosistémicos:

- **Medida nº25:** “Al 2030 todos los departamentos han incorporado, en al menos una localidad urbana la adaptación basada en ecosistemas como estrategia para mejorar las condiciones del hábitat en los entornos urbanos y optimizar su desempeño frente al clima”.
- **Medida nº 30:** “Al 2030 se encuentra en implementación un instrumento legal para la protección y restauración de los humedales, fundamentado en sus servicios ecosistémicos y su aporte a la adaptación al cambio climático”.
- **Medida nº34:** “Al 2030 se habrá incrementado el conocimiento y la valoración de las funciones y servicios ecosistémicos asociados a la reducción de vulnerabilidades al cambio climático de ecosistemas clave y sus cobeneficios en mitigación”.
- **Medida nº38:** “Al 2030 el 100% de los componentes vulnerables de la zona costera estarán incluidos en planes o programas de adaptación a la variabilidad y el cambio climático definiendo su nivel de protección y/o aplicando medidas de adaptación basada en ecosistemas tanto de conservación como de restauración”.

## 2.1. ETAPAS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE AbE

La “Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia” (MADS, 2018), propone seguir la Metodología General Ajustada (MGA) para el desarrollo de los proyectos de AbE, la cual sugiere el planteo de las siguientes etapas de trabajo:

- 1) Estudio de la amenaza, vulnerabilidad o riesgo.
- 2) Diseño del proyecto
- 3) Implementación de las medidas de AbE
- 4) Monitoreo y evaluación de los resultados

## 2.2. CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DE MEDIDAS DE AbE

La “Guía de interpretación e información ambiental para el desarrollo de medidas de adaptación basada en ecosistemas en entornos urbanos” (Fernández, 2021), propone que el diseño de las medidas AbE cumplan con los siguientes criterios:

- Planificar el diseño a partir de una evaluación de la situación actual que abarque la relación entre los ecosistemas y los sistemas sociales (socioecosistemas) y que permita proponer medidas que mantengan o mejoren los atributos ecológicos clave de los ecosistemas al mismo tiempo que mitigan y/o previenen las amenazas.
- Seguir un enfoque de manejo adaptativo que incluya el monitoreo y la evaluación de los objetivos y metas que se plantean, con el fin de analizar sistemáticamente la efectividad de las medidas tomadas y poder adaptarse a los resultados.
- Basarse en el “principio precautorio” (incluido en la Ley General de Protección de Medio Ambiente N°17283), según el cual se respalda la adopción de medidas preventivas frente a eventuales intervenciones que puedan tener impactos negativos en el medioambiente, sin necesidad de tener una certeza científica absoluta sobre dicha posibilidad.
- Plantearse objetivos múltiples que generen cobeneficios compartidos entre diferentes enfoques y sectores.
- Emplear un enfoque de participación temprana, que involucre a las actoras y los actores directamente afectadas y afectados por la problemática identificada, a través de procesos de consulta y de generación de información a partir de los que se definan las medidas de AbE que se adoptarán.

- Integrar el conocimiento experiencial de los actores y las actoras locales con el conocimiento experimental de personas técnicas, científicas y gestoras en la identificación y la evaluación de los atributos ecológicos y sus amenazas.
- Integrar y articular información proveniente de diferentes fuentes (visitas a territorio, revisión de antecedentes, consultas a personas técnicas, gestoras y locales) y a diferentes escalas (regional, nacional, departamental y local).
- Definir los objetivos de las medidas de AbE según los resultados de la evaluación de los ecosistemas, pudiendo ser objetivos de protección (si los ecosistemas se encuentran en buen estado), objetivos de restauración (si los ecosistemas o alguno de sus atributos se encuentra en mal estado) y objetivos de gestión de usos y actividades (deben implementarse en cualquiera de los casos, para evitar que una gestión inadecuada se transforme luego en una amenaza).

### 2.3. EXPERIENCIAS DE AbE APLICABLES A LA COSTA URUGUAYA

En Uruguay los principales riesgos por el Cambio Climático en las costas y en las ciudades costeras son el aumento de las temperaturas, el aumento del nivel del mar, los eventos de tormenta extrema, la erosión costera y las inundaciones fluviales y costeras (Fernández, 2021; UNEP, 2021). A continuación, se presentan algunas experiencias de AbE aplicables a la costa uruguaya para enfrentarse a estos riesgos.

Debe tenerse en cuenta que, si bien estas experiencias podrían ser aplicables a la costa uruguaya, cada proceso de adaptación depende de un contexto particular, por lo que deben seguir las etapas y los criterios indicados anteriormente para el desarrollo de proyectos de AbE adecuados (MADS, 2018). Una mala planificación de proyectos de AbE puede llegar a agravar los problemas existentes e incluso generar una nueva condición negativa (MADS, 2018).

Principalmente, es importante que para todas estas medidas el proceso de diseño, implementación y monitoreo sea **permanentemente participativo** y concertado entre las y los diferentes actoras y actores directamente vinculadas y vinculados al problema,

y se debe conocer y entender el socioecosistema en el cual se desarrollará el proyecto (MADS, 2018).

#### RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA:

Este tipo de proyectos buscan reducir el riesgo de inundación y se diseñan con el objetivo de disminuir la velocidad y el volumen de la escorrentía, y de disminuir la erosividad del suelo (la vulnerabilidad del suelo a la erosión) (WWF, 2016).

La vegetación que se encuentra en las orillas de los cursos de agua brinda numerosos beneficios, entre ellos, la reducción de la erosión y el aporte de sedimentos al arroyo, la estabilización de las orillas, la resistencia al flujo y la disminución de la velocidad del agua, la mejora de la calidad del agua, el aumento de la recarga de la zona vadosa, la cobertura que regula la temperatura, la estructura vertical que proporciona hábitat para la vida silvestre ribereña y la energía que aporta al arroyo en forma de hojas caídas e insectos terrestres (Yochum & Reynolds, 2020).

A nivel de cuenca hidrográfica, la presencia de corredores ribereños bien vegetados ofrece beneficios significativos en la reducción de inundaciones. Esto es debido a que puede reducir la intensidad de la precipitación (al permitir que la lluvia atraviese múltiples capas de hojas y caiga en gotas más pequeñas, protegiendo así el suelo), crear una capa de material orgánico sobre y dentro del suelo (que actúa como una barrera protectora contra el impacto directo de la lluvia), mantener el suelo unido mediante sus raíces, y absorbe agua, aumentando así la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (WWF, 2016).

Si bien el aumento de la vegetación ribereña suele elevar el nivel del agua en los arroyos de mayor orden aguas abajo, su incremento en los arroyos de cabecera puede disminuir los caudales y los niveles de inundación en los arroyos de mayor orden, lo que resulta en una reducción del riesgo de inundaciones (Yochum & Reynolds, 2020). En estas circunstancias, la mayor rugosidad de los corredores ribereños aguas arriba incrementa la resistencia al flujo y la capacidad de atenuación de las inundaciones, disminuyendo los caudales y las alturas de las aguas corriente abajo (Yochum & Reynolds, 2020).

La revegetación debe ser cuidadosamente planificada para evitar cambiar el hábitat natural (por ejemplo, de pastizales a bosques) (WWF, 2016). La vegetación utilizada debe ser típicamente nativa, con el material de origen recolectado lo más cerca posible del sitio del proyecto, para asegurar la inclusión de plantas adaptadas localmente, garantizar la mejor oportunidad de supervivencia de las plantas y reducir los costos. Las descripciones ecológicas del sitio, los intercambios con personas de la localidad y las fotografías históricas pueden ser de gran ayuda para evaluar qué comunidades vegetales restaurar (Yochum & Reynolds, 2020). Es muy importante evitar el uso de especies vegetales exóticas de rápido crecimiento, ya que pueden volverse invasivas e interferir con la gestión del riesgo de inundaciones. Particularmente se debe evitar la revegetación con eucaliptus y pinos en zonas donde estos no son nativos (WWF, 2016), y la plantación de las siguientes especies catalogadas como exóticas e invasoras en Uruguay: *Gleditsia triacanthos* (Corona de Cristo), *Ligustrum lucidum* (Ligustro), *Ligustrum sinense* (Ligustrina) y *Acacia longifolia* (Acacia) (Brazeiro et al., 2021).

Tanto las especies leñosas como las herbáceas de los humedales desempeñan un papel importante en la estabilización de las orillas de los cursos de agua, y la combinación de ambas es considerablemente más efectiva que solamente las especies leñosas (Yochum & Reynolds, 2020). Por otro lado, la presencia de árboles altos con una densa vegetación favorece la intercepción del agua de lluvia, mientras que las plantas de menor altura ayudan a que el agua se infiltre en el suelo, reduciendo la velocidad y la cantidad del flujo (WWF, 2016). El enfoque más efectivo para la implementación de estas medidas consiste por lo tanto en combinar de manera natural árboles y vegetación de bajo porte con especies que sean capaces de tolerar los cambios climáticos previstos. Las asociaciones de sauces y juncos en la ribera de los arroyos generan una estructura altamente reforzada, donde las raíces más grandes de los sauces funcionan como barras de refuerzo y la abundante cantidad de raíces finas de los juncos actúan como una red que atraviesa todo el suelo (Polvi et al., 2014). Además de los sauces y otros árboles ribereños, es importante establecer plantas herbáceas en la zona ribereña (Yochum & Reynolds, 2020).

En aquellos sitios donde existe pastoreo, se debe incluir la gestión del ganado dentro del proyecto de revegetación para evitar que la inversión y los beneficios se pierdan (Yochum & Reynolds, 2020).

En Uruguay, entre 2015 y 2018 se realizó el Plan de Restauración de Ecosistemas de la Cuenca del río Santa Lucía (MVOTMA, 2017; MVOTMA, 2019). Este plan fue desarrollado por el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y tuvo como objetivo disminuir los aportes de sólidos y líquidos al espejo de agua, reforzando la barrera física del embalse de Paso Severino con la plantación y seguimiento de especies vegetales nativas, y trabajar junto a la sociedad civil para mejorar el ambiente natural y los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Santa Lucía. En el marco de este Plan se realizaron acciones de restauración en diversos puntos de la cuenca, como la plantación participativa de 3000 especies nativas, la realización del entramado de postes y alambres para el resembrado por parte de las aves, el cuidado, riego y seguimiento de las especies plantadas, el seguimiento del estado de los predios y plantas, la instalación de cartelería y depósito para residuos, el establecimiento de un mirador para fomentar el turismo responsable y la realización de actividades de liberación de especies de fauna nativas (MVOTMA, 2017; MVOTMA, 2019).



**Figura 1:** Restauración ecosistémica con participación ciudadana en la Cuenca del Río Santa Lucía. Imagen tomada de la página del Ministerio de Ambiente:  
<https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/>

Estas acciones pueden ser tomadas como ejemplo para la implementación de planes de restauración de la vegetación ribereña. También se pueden encontrar referencias a proyectos de revegetación en zonas aledañas a cursos de agua en el artículo de Yochum

& Reynolds (2020). Es importante tener en cuenta que los proyectos presentados en dicho artículo no necesariamente son proyectos de AbE. Sin embargo, estos ejemplos pueden ser de utilidad para obtener ideas que posteriormente puedan ser integradas en el diseño de proyectos que sí se ajusten a los objetivos, criterios y etapas características de los proyectos de AbE.

Cabe aclarar que la restauración de la vegetación en una cuenca hidrográfica para mitigar el riesgo de inundaciones puede ser complicada y no siempre factible o viable políticamente o económicamente. Es importante tener en cuenta que será más rentable la preservación de los paisajes naturales y su capacidad de infiltración que llevar a cabo la restauración posterior a los eventos de inundación (WWF, 2016).

#### RESTAURACIÓN DE HUMEDALES:

Debido a su capacidad para reducir la velocidad del agua y retener la escorrentía, los humedales desempeñan un papel crucial en la prevención de inundaciones repentinas. En particular, en áreas urbanas pavimentadas con poca capacidad de absorción y donde la escorrentía fluye rápidamente, los humedales pueden retener el agua de lluvia y mitigar el riesgo de inundaciones locales (WWF, 2016). Los humedales costeros, que se forman por detrás del cordón dunar y en las desembocaduras a las playas de los cursos de agua, reducen la velocidad del agua que viene desde continente (a través del curso de agua y a través de la escorrentía) (Trimble et al., 2010), mitigando su impacto sobre el cordón dunar y la zona de playa, y reduciendo de esta forma la erosión en estos ecosistemas. Además, los humedales cumplen un rol fundamental en la depuración del agua, reduciendo la cantidad de agentes contaminantes para las personas.

La pérdida de su vegetación característica y sus propiedades del suelo, o el uso de su superficie de forma no apropiada para humedales (como zonas urbanizadas o pastizales), degradan los estos ecosistemas. Esto puede deberse a la modificación de los cauces de agua del humedal (a través de la construcción de canales o zanjas), a la disposición de aguas residuales sin tratar, al relleno de los mismos o a la eliminación de vegetación. La degradación de los humedales puede disminuir su capacidad de absorber

o retener agua, al verse alteradas la profundidad del agua, la vegetación y las propiedades del suelo (WWF, 2016).

El primer paso en la planificación de la restauración de humedales suele ser el abordaje de las causas de degradación, como la contaminación, el relleno de áreas y la presencia de especies invasoras (ej. el Lirio Amarillo (*Iris pseudacorus*)), para permitir que el humedal se recupere de manera natural. Sin embargo, en casos de humedales altamente degradados, puede ser necesario un enfoque cuidadosamente planificado que incluya la replantación del humedal (WWF, 2016).

Resulta imposible establecer un conjunto simple de factores determinantes para la capacidad de retención de agua en la restauración de humedales, por lo que, en general, se prioriza la mejora cualitativa del hábitat en su totalidad, en lugar de buscar un aumento cuantitativo específico en la capacidad de retención de agua (WWF, 2016).

En casos en que los humedales hayan sido destruidos se puede recurrir a la implementación de humedales contruidos para promover el control de las inundaciones (WWF, 2016). Para esto, se pueden realizar zanjas o diques alrededor de zonas bajas con el fin de recibir las aguas pluviales, y plantar vegetación típica de los humedales cercanos sobre estas estructuras (WWF, 2016). Esta metodología se puede utilizar también en zonas aledañas a humedales existentes con el fin de ampliar el área del humedal y generar así espacios de amortiguación a las inundaciones.

Es importante tener en cuenta que puede tomar varios años para que un humedal contruido alcance su plena funcionalidad y sea capaz de proporcionar servicios ecosistémicos (WWF, 2016).

#### RESTAURACIÓN DEL CORDÓN DUNAR LITORAL:

Los ecosistemas costeros desempeñan un papel importante en la protección contra inundaciones costeras y mareas, ya que tienen la capacidad de disipar la energía de las olas y reducir el impacto de las inundaciones en tierra. Sin embargo, cuando las dunas y las playas se ven dañadas o degradadas debido al desarrollo humano o al Cambio

Climático, su capacidad para brindar esta protección se ve significativamente disminuida (WWF, 2016).

El cordón dunar litoral en la costa uruguaya es erosionado y fraccionado debido a diferentes impactos relacionados con la urbanización. Las principales causas de la erosión del cordón dunar litoral son las construcciones sobre la costa y la forestación con especies exóticas invasoras, además de la impermeabilización asociada a la urbanización, la extracción de arena, la canalización de los cursos de agua, la destrucción de los humedales interdunares, el aumento del volumen de la napa freática y el tránsito dunar (WWF, 2016).

Las dunas y las playas se pueden restaurar mediante técnicas como la construcción de cercas para capturar la arena en vuelo, o mediante la estabilización a través de la plantación de vegetación (WWF, 2016). Esta vegetación, que debe ser nativa, se puede trasplantar de sistemas de dunas intactos o adquirirla en viveros (WWF, 2016). Dentro de las especies que se pueden plantar para ayudar a estabilizar el cordón dunar se encuentran: el Pasto dibujante (*Panicum racemosum*), la Redondita del agua (*Hydrocotyle bonariensis*), el Senecio (*Senecio crassiflorus*), y la especie *Blutaparon portulacoides*. Es importante evitar la plantación de especies exóticas invasoras sobre el cordón dunar, que constituyen una amenaza para la diversidad biológica y para la geomorfología del cordón dunar, acelerando los procesos erosivos en la costa. Las principales especies que se deben evitar son: la Garra de León (*Carpobrotus edulis*), la gramilla (*Cynodon dactylon*), los Pinos (*Pinus spp.*) y las Acacias (*Acacia longifolia*) (Brugnoli et al., 2009).

Si bien las técnicas mencionadas pueden ayudar a restaurar los cordones dunares y las playas, debe tenerse en cuenta que estas medidas deben estar acompañadas de medidas de gestión que reduzcan las presiones que degradan al ecosistema.

En Uruguay existen diversas experiencias de restauración del cordón dunar litoral a través de actividades conjuntas con la comunidad local para la colocación de cercas captoras de arena, plantación de especies nativas pioneras, colocación de cartelería informativa y manejo de especies exóticas invasoras (PPD, 2018; Ministerio de Ambiente, 2019; 2023; MVOTMA, 2020; Gobierno de Canelones, 2021). Algunos ejemplos son: La

plantación de 1200 especies herbáceas con la participación de vecinas, vecinos y la Junta Local en Punta del Diablo, y el proceso de restauración dunar en Jaureguiberry iniciado en 2016 y continuado durante varios años, mediante el cual se trabajó en conjunto con los gobiernos locales, guardavidas, vecinas y vecinos de la zona, personas voluntarias de diversas localidades y colectivos de la sociedad civil organizada, en el plantado de especies herbáceas nativas y la colocación de cercas captoras de arena (Ministerio de Ambiente, 2019; MVOTMA, 2020). Estas experiencias pueden tomarse como referencia para ser replicadas en nuevas localidades.



**Figura 2:** Cerca captora de arena construida con podas de *Acacia longifolia*. Imagen tomada del documento “Instalación de cercas captoras de arena para la restauración del sistema costero” (MVOTMA)

### RECUPERACIÓN DE LAS VÍAS NATURALES DE DRENAJE:

Las vías de drenaje natural (cañadas, zanjas, arroyos pequeños, franjas de terreno inclinado) son frecuentemente modificadas o eliminadas debido a la urbanización y a la agricultura. Cuando el entorno es alterado, las vías de drenaje pueden obstruirse con escombros, acumular sedimentos, cubrirse de maleza o ser intervenidas o rellenadas intencionalmente. Para mejorar el drenaje de aguas pluviales se deben identificar tales sendas de drenaje naturales y monitorearlas, mantenerlas y restaurarlas a sus condiciones originales de capacidad de descarga (tanto en anchura como en profundidad). Para conocer las condiciones originales de la capacidad de descarga se podrá integrar el conocimiento de personas expertas, el conocimiento de la comunidad y las herramientas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (WWF, 2016).

La eliminación de obstáculos que dificultan el paso de agua puede mejorar el flujo en los cursos de agua, evitando que se sobrecarguen y causen inundaciones. Esto implica

remover rocas, vegetación, escombros, basura y malezas que obstruyen los cauces de agua. En áreas urbanas se requiere una gestión regular de malezas en arroyos y cañadas con el fin de desobstruir estos cursos (WWF, 2016).

Con el fin de evitar la degradación del humedal, el manejo de las malezas requerirá un estudio local del ecosistema, para evitar la eliminación completa de la vegetación y evitar la generación de incisiones demasiado profundas en el curso de agua que provoquen un afloramiento de la napa freática (WWF, 2016).

Debe tenerse en cuenta que la remoción de la vegetación de humedal acelera el flujo de agua y aumenta el arrastre de sedimentos, provocando la erosión en los márgenes del curso y la erosión del cordón dunar litoral.

En situaciones donde la obstrucción de los cursos de agua se atribuye al uso inapropiado por parte de la población local, la colaboración y participación activa de la comunidad resulta fundamental para lograr resultados eficaces. En primer lugar, es necesario abordar de manera adecuada la gestión de residuos como escombros y restos de poda, evitando su disposición en los cauces de los cursos de agua (WWF, 2016).

Además, es esencial llevar a cabo una difusión efectiva de alternativas y concientizar sobre la importancia de poner fin a esta práctica. La difusión puede llevarse a cabo a través de diversas acciones coordinadas en conjunto con la comunidad local, como la instalación de cartelera informativa, la realización de talleres educativos y el uso de medios de comunicación.

La participación activa de la comunidad en la planificación y ejecución de estas acciones de difusión contribuirá a generar conciencia y promover un cambio de comportamiento en relación al uso inadecuado de los cursos de agua.

En algunos casos también puede ser necesario eliminar estructuras obsoletas como puentes antiguos y tuberías estrechas. En áreas en proceso de urbanización, es común que el escurrimiento superficial aumente con el tiempo debido al desarrollo de infraestructuras. En este contexto, muchas estructuras, como puentes y tuberías, se han construido sin considerar las regulaciones de distancia de protección necesarias para los arroyos existentes. Esto puede ocasionar obstáculos y limitar la capacidad de los cursos de agua para transportar el flujo de agua de manera eficiente. La eliminación de estas

estructuras es una forma efectiva de aumentar o restaurar la capacidad de conducción de un curso de agua (WWF, 2016).

No obstante, es crucial tener en consideración que en algunas comunidades, algunas estructuras o ecosistemas desempeñan un papel importante en las actividades diarias de la población. Por lo tanto, es fundamental abordar la modificación o eliminación de las mismas con extrema precaución y con la participación activa de la población local (WWF, 2016).

### AUMENTO DEL VERDE URBANO

El concepto “verde urbano” se refiere al conjunto de espacios de todo tipo que son verdes por la presencia de vegetación, dentro de una trama urbana. Estos espacios pueden ser de carácter público o privado. Si bien el concepto abarca una gran diversidad de formatos, algunos tipos de espacios verdes proveen más servicios ecosistémicos que otros (Bozzo, 2021).

El aumento del verde urbano busca conservar la biodiversidad y crear corredores biológicos, además de mejorar la provisión de servicios ecosistémicos en las ciudades, restaurar la permeabilidad de los suelos urbanos, minimizar la erosión y contribuir a la recarga de los acuíferos (Bozzo, 2021). Así, el objetivo de estas medidas es elevar la resiliencia urbana frente a las amenazas del cambio climático, como las ráfagas de viento, las tormentas, las inundaciones, y el aumento de las temperaturas (Bozzo, 2021).

Cada especie tiene exigencias propias en relación al clima y las propiedades del suelo. Por esta razón, es importante seleccionar cuidadosamente las especies que se plantarán teniendo en cuenta estas características para lograr una gestión exitosa (Bozzo, 2021).

Algunas medidas para el aumento del verde urbano pueden ser la implementación de un plan de arbolado para las calles y la promoción de jardines en los predios privados, incentivando el manejo de áreas permeables (Bozzo, 2021).

La utilización de especies autóctonas otorga mejores oportunidades de supervivencia de las plantas y reduce los costos, además de fortalecer las funciones ecológicas que brindan los servicios ecosistémicos clave para la adaptación al Cambio Climático. Es muy

importante evitar el uso de especies vegetales exóticas de rápido crecimiento, ya que pueden volverse invasivas e interferir con la gestión del riesgo de inundaciones. Particularmente se debe evitar la revegetación con eucaliptus y pinos en zonas donde estos no son nativos (WWF, 2016), y la plantación de las siguientes especies catalogadas como exóticas e invasoras en Uruguay: *Gleditsia triacanthos* (Corona de Cristo), *Ligustrum lucidum* (Ligustro), *Ligustrum sinense* (Ligustrina) y *Acacia longifolia* (Acacia), Pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*), Pasto Capin Annoni (*Eragrostis plana*) y Garra de León (*Carpobrotus edulis*) (Brazeiro et al., 2021).

Para una descripción más detallada de proyectos para el aumento del verde urbano puede consultarse el informe de la “Consultoría para apoyo al desarrollo e implementación de planes de arbolado urbano y áreas verdes departamentales considerando la capacidad de producción de viveros, para la adaptación al cambio climático y la variabilidad (Bozo, 2021). Es importante tener en cuenta que los proyectos presentados en dicho informe no son necesariamente proyectos de AbE. Sin embargo, estos ejemplos pueden ser de utilidad para obtener ideas que posteriormente puedan ser integradas en el diseño de proyectos que sí se ajusten a los objetivos, criterios y etapas características de los proyectos de AbE.

#### RECUPERACIÓN DE LA PLANICIE DE INUNDACIÓN:

Las áreas de llanuras de inundación suelen ser planas y de fácil acceso, lo que las hace propicias para la construcción. Por esta razón, suelen ser zonas elegidas como ubicaciones para el desarrollo urbano. Sin embargo, cuando estas áreas no están debidamente protegidas, pueden sufrir graves pérdidas debido a las inundaciones. Por lo tanto, la planificación de las urbanizaciones sobre estas áreas debe tener en cuenta la posibilidad de inundaciones y asegurar que las construcciones se realicen de manera que se proteja la zona, sin trasladar los problemas de inundación a otras áreas, ya sea aguas arriba, aguas abajo o a zonas bajas cercanas (WWF, 2016).

La urbanización es uno de los factores más relevantes entre todos los cambios en el uso del suelo que pueden afectar una cuenca hidrográfica y su sistema hidrológico. Este tipo de desarrollo aumenta la cantidad de superficies impermeables (como el asfalto, el

cemento, los techos y los estacionamientos), lo cual conduce a un aumento en la escorrentía durante las tormentas, fluyendo así de manera más rápida en comparación con una cuenca hidrográfica natural que tiene la capacidad de absorber la lluvia. Por lo tanto, la urbanización tiende a aumentar tanto el volumen como el pico de los caudales de los arroyos (WWF, 2016).

En casos en los que la planicie de inundación se haya perdido, tanto por la erosión del curso de agua como por la compactación del suelo, una medida posible de AbE es la recuperación de la planicie de inundación mediante la colocación de estructuras “Toe Wood” (Figura 1). La colocación de estructuras “Toe Wood” es un método que consiste en utilizar principalmente madera sin procesar como componente estructural, capas de suelo y vegetación para construir una llanura de inundación. Estos materiales trabajan en conjunto para crear una matriz estable que brinda protección a la superficie construida utilizando recursos naturales. Una vez que la vegetación se establece adecuadamente, la madera se degradará gradualmente, permitiendo que los procesos fluviales naturales continúen a un ritmo más lento (Yochum & Reynolds, 2020).

Es importante recordar que para la correcta planificación de este tipo de medidas, se deberá realizar un estudio previo del socioecosistema y trabajar con la comunidad local para el desarrollo del proyecto de forma adecuada.

Se pueden encontrar referencias para el diseño de estructuras “Toe Wood” en Yochum & Reynolds (2020). Es importante tener en cuenta que los proyectos presentados en dicho artículo no necesariamente son proyectos de AbE. Sin embargo, estos ejemplos pueden ser de utilidad para obtener ideas que posteriormente puedan ser integradas en el diseño de proyectos que sí se ajusten a los objetivos, criterios y etapas características de los proyectos de AbE.



**Figura 3:** Estructura de Toe-Wood para la recuperación de la planicie de inundación. Imagen tomada de la página de la asociación “Ausable River Association”:

<https://www.ausableriver.org/>

#### ESTABILIZACIÓN DE LAS RIBERAS:

La estabilización de las riberas se puede abordar mediante una combinación de estructuras y vegetación. Mientras que las estructuras proporcionan una solución inmediata a las tasas excesivas de erosión, la vegetación es más duradera y contribuye a la estabilización a largo plazo de las riberas. Se pueden utilizar las estructuras de madera o de piedra para minimizar los obstáculos al crecimiento de la vegetación y brindar estabilización a corto plazo, y luego implementar la siembra de vegetación para lograr tasas mínimas de erosión a largo plazo (Yochum & Reynolds, 2020).

Al planificar el uso de medidas estructurales en proyectos de restauración de cursos de agua se deberá considerar primero los procesos geomórficos y los objetivos del proyecto (Yochum & Reynolds, 2020).

Yochum & Reynolds (2020) presentan ejemplos de protección de las riberas frente a la erosión. Es importante tener en cuenta que los proyectos presentados en dicho artículo no necesariamente son proyectos de AbE. Sin embargo, estos ejemplos pueden ser de utilidad para obtener ideas que posteriormente puedan ser integradas en el diseño de proyectos que sí se ajusten a los objetivos, criterios y etapas características de los proyectos de AbE.

## **2.4. MEDIDAS COMPLEMENTARIAS A LAS MEDIDAS DE AbE**

Las medidas complementarias a las medidas de AbE representan aquellas estrategias y actividades que, de manera indirecta, contribuyen a la conservación y al manejo sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y al ser implementadas, refuerzan adicionalmente la capacidad adaptativa de los socioecosistemas. Los proyectos con enfoque AbE suelen incluir, además de las medidas de AbE, medidas complementarias que ayuden a fortalecer los resultados (MADS, 2018).

Estas medidas complementarias pueden ser estructurales (incluyen intervenciones físicas) o no estructurales (no incluyen intervenciones físicas) (WWF, 2016).

## **2.5. MEDIDAS ESTRUCTURALES COMPLEMENTARIAS A LAS MEDIDAS DE AbE**

A continuación, se presentan algunas medidas blandas que se pueden implementar de forma complementaria a las medidas de AbE, y que buscan contribuir a la conservación y al manejo de la biodiversidad, y al aumento de la capacidad adaptativa de los socioecosistemas (MADS, 2018).

Cabe aclarar que para la implementación de estas medidas también es clave que la participación de la comunidad local esté integrada desde antes del diseño de las mismas, y persista durante todo el desarrollo del proyecto.

### **RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA:**

La recolección de agua de lluvia favorece la reducción de la presión de aguas superficiales y subterráneas y constituye una alternativa de disponibilidad del recurso en temporadas secas para riego y otros usos (MADS, 2018).

Captar agua de lluvia permite disminuir el volumen de las inundaciones y el tiempo de retención. Se pueden implementar canaletas en los techos para recolectar el agua de la

lluvia y transportarla hacia un tanque. Para la aplicación de esta medida lo más importante a tener en cuenta es la capacidad del tanque utilizado como depósito, la cual debe ser decidida en función del volumen retenido en un evento de tormenta puntual, o en la cantidad de agua de lluvia utilizada en el domicilio (WWF, 2016). Estas medidas pueden realizarse a nivel domiciliario.

#### TECHOS VERDES:

Los techos verdes están diseñados para retener temporalmente el agua durante los eventos de lluvia locales y reducir el escurrimiento de agua pluvial. Estas estructuras consisten en la utilización de vegetación sobre los techos, utilizando un medio de crecimiento, materiales de drenaje y una membrana impermeable (WWF, 2016).

#### JARDINES DE LLUVIA, ZANJAS Y FRANJAS FILTRANTES:

Son canales o franjas vegetadas que permiten la infiltración, conducción y almacenamiento del agua pluvial. Se diseñan con el objetivo de incrementar la velocidad de infiltración del agua de lluvia en el suelo y lograr una capacidad de almacenamiento temporal óptima, reduciendo la cantidad de agua que fluye hacia los sistemas de drenaje como escurrimiento y la velocidad de la misma. Se suelen utilizar jardines de lluvia en áreas residenciales, zanjas en los costados de las carreteras y franjas filtrantes en paisajes más abiertos (WWF, 2016). Se debe tener cuidado de no afectar el nivel freático durante la construcción de estos dispositivos (Castro Fresno et al., 2005). Es imprescindible elegir cuidadosamente las plantas para aprovechar su capacidad de aumentar la infiltración del agua, su proceso de evapotranspiración y su capacidad de retener contaminantes de manera natural. Principalmente, se deben evitar especies invasoras (WWF, 2016) gramíneas, como el Pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*) y el pasto Capin Annoni (*Eragrostis plana*) o arbustivas, como el Ligustro (*Ligustrum lucidum*), entre otras que se pueden encontrar en el informe “Especies exóticas invasoras de Uruguay: distribución, impactos socioambientales y estrategias de gestión” (Brazeiro et al., 2021).

#### PAVIMENTOS PERMEABLES:

Los pavimentos permeables son cualquier tipo de pavimentación que permita la infiltración parcial del agua a través de un material poroso o espacios entre bloques de pavimento (Figura 2). Estas estructuras buscan mejorar la capacidad de infiltración frente a estructuras impermeables, para disminuir el máximo de inundación y aumentar el tiempo de retardo, ya que reducen la cantidad de agua en los sistemas de drenaje en comparación con los pavimentos impermeables (Spalvier et al., 2021). Se puede utilizar este método en estacionamientos, entradas de vehículos y carreteras con poco tráfico. De esta forma, el agua puede infiltrarse en el suelo o ser recolectada en una capa de arena debajo del pavimento y permitir que fluya muy lentamente hacia los desagües (WWF, 2016).

Para la aplicación de este tipo de medidas es necesario conocer el modelo natural original de drenaje de la zona, incluyendo el coeficiente de escorrentía antes del desarrollo urbanístico, el régimen de precipitaciones actual, fijar los puntos donde se van a producir las descargas, conocer el coeficiente de infiltración del suelo sobre el cual se trabaja, la posición del nivel freático y los usos comunitarios de la zona (Castro Fresno, 2005). Además, en el contexto del diseño hidrológico para la implementación de pavimentos permeables, se debe tener en cuenta la presencia de otras superficies adyacentes que sean impermeables, las cuales podrían generar un flujo de agua excesivo y potencialmente afectar el desempeño adecuado del pavimento permeable que se pretende instalar (Spalvier et al., 2021).

Para mayor información sobre este tipo de estructuras se recomienda revisar el documento “Recomendaciones sobre Pavimentos de Hormigón Permeable” (Spalvier et al., 2021).



**Figura 4:** Demostración de una estructura de hormigón permeable filtrando agua. Imagen tomada del documento: “Recomendaciones sobre Pavimentos de Hormigón Permeable” (Spalvier et al., 2021).

## 2.6. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES COMPLEMENTARIAS A LAS MEDIDAS DE AbE

A continuación, se presentan algunas medidas no estructurales que se pueden implementar de forma complementaria a las medidas de AbE, y que buscan contribuir a la conservación y al manejo de la biodiversidad, y al aumento de la capacidad adaptativa de los socioecosistemas (MADS, 2018). Estas medidas no involucran intervenciones físicas y pueden incluir la modificación o introducción de leyes, regulaciones o procedimientos, o incluir un cambio en las prácticas comunitarias y domésticas con el fin de promover prácticas que contribuyan a la adaptación de los socioecosistemas al cambio climático (WWF, 2016).

Cabe aclarar que para la implementación de estas medidas también es clave que la participación de la comunidad local esté integrada desde antes del diseño de las mismas, y persista durante todo el desarrollo del proyecto.

### LEGISLACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y GESTIÓN DE SUELOS Y CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Este tipo de medidas incluyen la implementación de leyes que regulen las actividades humanas que pueden aumentar la erosión del suelo y alterar los ciclos hidrológicos, aumentando el riesgo de inundación (WWF, 2016).

Pueden incluir el establecimiento de medidas de conservación, la prohibición de actividades y procedimientos de compensación para las personas propietarias de tierras (WWF, 2016).

Si bien realizar modificaciones a la legislación nacional puede ser un desafío, mejorar las regulaciones locales de conservación del suelo puede ser algo abordable en el marco de un proyecto de Adaptación basada en Ecosistemas (WWF, 2016).

### PLANIFICACIÓN DE USO DE LA TIERRA Y ZONIFICACIÓN

El diseño del uso del suelo tiene un impacto significativo en las causas y efectos de las inundaciones (WWF, 2016). Por lo tanto, una planificación adecuada del uso del suelo puede hacer una contribución importante a los proyectos de AbE. Este tipo de medidas pueden ayudar a controlar los flujos hidrológicos, a conservar el suelo y, en áreas urbanas, a minimizar los daños derivados de las inundaciones.

Dentro de la planificación del uso de la tierra, la zonificación es un elemento crucial para la adaptación al cambio climático, ya que posibilita definir los permisos o las prohibiciones en ubicaciones específicas según el uso de suelo y planificar la cobertura y el desarrollo del suelo permitidos según las zonas WWF, 2016).

En el “Informe de propuestas y evaluación de alternativas”, ISTECH (2020), proponen la incorporación de un nuevo factor de ocupación de suelo: Factor de suelo natural no modificado (FSN), el cual se define como: “el cociente que resulta de dividir el área de suelo en su estado natural sin admitir alteración alguna, por el área total del predio (expresado en porcentaje)”, y tiene como principal objetivo la disminución del suelo impermeable, incluyendo tanto las construcciones como los estacionamientos y demás estructuras que impermeabilizan el suelo.

Otras medidas de planificación de uso de la tierra son: la definición de zonas de amortiguamiento libres de construcciones a lo largo de un curso de agua, el impulso del trabajo coordinado para la declaratoria y expansión de áreas protegidas (WWF, 2020), la protección de las escorrentías y su flora asociada, y la prohibición del relleno de los terrenos (ISTECH, 2020).

La planificación del uso de la tierra debe involucrar a todas las partes interesadas pertinentes, como las entidades gubernamentales y las organizaciones sociales, y fomentar la participación pública (WWF, 2016).

### NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RESILIENTES

Las mejoras en los diseños de construcción pueden minimizar los daños por inundaciones a nivel de hogares y vecindarios y también minimizar las inundaciones a través de reducir la impermeabilidad del suelo (WWF, 2016).

Algunos ejemplos de estas medidas son las construcciones elevadas, los techos verdes y la implementación de jardines de lluvia domésticos (WWF, 2016).

## **2.7. ESPECIFICACIONES PARA EL MONITOREO DE LAS MEDIDAS MENCIONADAS**

El monitoreo y la evaluación son una parte esencial de la planificación de proyectos de AbE (Fernández, 2021; MADS, 2018). La “Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia” (MADS, 2018), propone seguir la Metodología General Ajustada (MGA) para el desarrollo de este tipo de proyectos, la cual implica la determinación de una evaluación ex ante del proyecto a través de un análisis que incluya los siguientes criterios:

- Cumplimiento de los requisitos y soportes que respaldan la información registrada en el proyecto.
- Consistencia técnica.
- Operatividad.
- Viabilidad frente a las políticas gubernamentales.
- Impacto ambiental.
- Desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI).
- Aceptación de la población.
- Construcción del tejido social

A continuación, se presentan los requisitos generales para lograr un monitoreo efectivo en un proyecto de gestión del riesgo de inundaciones según la guía “Natural and nature-based flood management: A green guide” (WWF, 2016), los cuales pueden servir también como referencia para guiar la planificación del monitoreo y evaluación de los proyectos de AbE:

- El monitoreo debe abarcar tanto el proyecto en su totalidad como los métodos individuales de forma separada.
- Los indicadores del monitoreo deben cubrir todos los aspectos del proyecto y los métodos, incluyendo consideraciones técnicas, ecológicas, sociales, financieras y de gestión del programa.
- Se debe evitar seleccionar muy pocos indicadores, ya que esto hará que el programa de monitoreo carezca de efectividad. Por otro lado, seleccionar demasiados indicadores lo volverá demasiado prolongado y costoso.

- Se utilizan diferentes tipos de monitoreo para distintos indicadores, principalmente en función de quiénes participan en el monitoreo y qué recursos se requieren:

(a) monitoreo **oficial** llevado a cabo por las agencias y organizaciones responsables

(b) monitoreo realizado por **personas expertas**

(c) monitoreo **comunitario** realizado en conjunto con las agencias responsables.

La situación ideal es combinar el monitoreo oficial, el monitoreo de personas expertas y el monitoreo comunitario.

- Diferentes indicadores requerirán diferentes frecuencias de monitoreo, ya sea a corto plazo, a mediano plazo o a largo plazo. Seleccionar la frecuencia de monitoreo adecuada para cada parámetro será fundamental para mantener y evaluar de manera efectiva el proyecto.

#### INDICADORES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS EN LOS PROGRAMAS DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS AbE SOBRE EL ESTADO ECOLÓGICO DE LOS ECOSISTEMAS:

Los indicadores que se utilizarán para el monitoreo y la evaluación de los proyectos de AbE deben ser definidos en el diseño del proyecto y antes de la implementación del mismo. La definición de los indicadores debe realizarse acorde a las características propias de las medidas que se llevarán adelante en el proyecto y a las características propias del socioecosistema a abordar. A continuación, se presentan algunos indicadores que pueden servir como referencia para guiar el monitoreo de los efectos de las medidas de AbE en el estado ecológico de los ecosistemas:

**Tabla 4:** Se presentan diferentes indicadores que pueden guiar el monitoreo de las medidas de AbE y su efecto sobre el estado ecológico de los diferentes ecosistemas y geoformas costeras. Tabla adaptada de Fernández (2021).

Indicador
Humedal
Porcentaje de los límites del humedal en contacto con ecosistemas naturales

Presencia de urbanizaciones, construcciones e infraestructuras sobre el humedal o en su cuenca de aporte que interrumpen o desvíen las escorrentías
Indicios de relleno parcial o total del humedal
Indicios de quema de vegetación del humedal
Presencia de especies exóticas invasoras vegetales y/o presencia de parches con vegetación arbórea exótica a menos de 50 metros del humedal
<b>Bosque ribereño</b>
Ancho promedio del bosque ribereño en relación al ancho del curso de agua en torno al cual se encuentra
Presencia bosque en forma continua en ambas márgenes del curso de agua.
Número de estratos presentes en el bosque
Presencia de ejemplares jóvenes de árboles o arbustos nativos en ambas orillas del curso de agua
Cobertura promedio del estrato herbáceo y/o mantillo
Presencia de especies arbóreas características del bosque ribereño
Porcentaje de límite externo del bosque (el límite que se ubica hacia la planicie de inundación) en contacto con otros ecosistemas naturales
Cambios históricos en el uso del suelo en la zona ocupada por el bosque
Presencia de especies exóticas leñosas
Indicios de presencia de ganado en el bosque
Indicios de tala en el bosque
Indicios de vegetación quemada
<b>Cuerpos de agua</b>
En sistemas fluviales (como ríos, arroyos y cañadas): Ancho de la comunidad vegetal densa adyacente al curso de agua, en relación al ancho del curso
En cuerpos de agua lénticos (como lagunas y lagos): Ancho de la comunidad vegetal densa adyacente a la planicie de inundación
Buffer de vegetación nativa (no cultivado) en torno al curso de agua
Presencia de vegetación nativa diversa
Porcentaje de individuos de <i>Ephemeroptera</i> , <i>Plecoptera</i> y <i>Trichoptera</i> en el total de macroinvertebrados presentes (Índice EPT)
Especies de fauna exóticas invasoras en el curso de agua
Presencia de raíces, vegetación, madera o rocas en el banco
Condición del canal en cuanto a profundidad y conexión con la planicie de inundación
Presencia de meandros, correderas y pozones en el cauce
Visibilidad de objetos sumergidos en el cuerpo de agua
Distancia del borde a la que se observa la superficie del agua
Coloración del agua gris, blanca u otro color diferente al marrón o transparente
Presencia de espuma densa (en particular en zonas donde el agua tiene un flujo turbulento) y/o manchas o brillo de aceite y/o material macro en suspensión y/o sólidos urbanos en el cuerpo de agua y/u olor en el agua
Presencia de desagües con desagote (activo o no al momento de la medición) al interior del cuerpo de agua
Presencia de industrias en la cuenca de aporte del curso de agua
Usos del suelo agropecuarios en la cuenca de aporte del curso de agua y específicamente en la planicie de inundación
Indicios de ingreso de ganado a los cuerpos de agua
Infraestructura o usos del suelo que alteren el régimen hídrico y/o conectividad de la red hídrica en la cuenca de aporte del curso de agua
Obras de represamiento sobre el curso de agua en cualquier tramo medido en toda su extensión
Obras de riego sobre el curso de agua asociadas a cultivos de arroz
<b>Bosque psamófilo</b>
Indicios de cambio en la superficie total ocupada por el bosque
Número de estratos presentes en el bosque

Presencia de ejemplares jóvenes de árboles o arbustos nativos
Cobertura promedio de estrato herbáceo y/o mantillo
Presencia de especies arbóreas características del bosque psamófilo
Urbanizaciones, construcciones e infraestructuras ubicadas dentro o en torno al bosque
Categoría de suelo comprendiendo la superficie de bosque y/o su entorno inmediato
Vegetación arbórea exótica
Indicios de presencia de ganado en el bosque
Indicios de tala en el bosque
<b>Matorral psamófilo</b>
Indicios de cambio en la superficie total ocupada por el matorral
Densidad de la trama de vegetación arbustiva y arbórea nativa
Presencia y dominancia de especies características (Para el Matorral de Candela: <i>Dodonaea viscosa</i> y especies de género <i>Baccharis</i> ; para el Matorral Espinoso: <i>Colletia paradoxa</i> , <i>Schinus englerii</i> , <i>Ephedra tweediana</i> y <i>Cereus uruguayanus</i> ).
Presencia de plántulas y juveniles, principalmente en el borde externo
Presencia de trepadoras nativas
Presencia de urbanizaciones, construcciones e infraestructuras ubicadas dentro o en torno al matorral
Categoría de suelo comprendiendo la superficie de matorral y/o su entorno inmediato
Vegetación arbórea exótica
Indicios de presencia de ganado en el matorral
Indicios de tala en el matorral
<b>Pastizal</b>
Cobertura de vegetación herbácea nativa
Distancia relativa a un parche de campo natural y posible conexión mediante corredores biológicos
Porcentaje de cobertura vegetal
Tiempo desde que ocurrió la perturbación, si es que ocurrió (ej. jardinería, actividades agropecuarias, actividades asociadas a la urbanización)
Presencia de edificaciones, infraestructuras o extracción minera sobre o entre el pastizal
<b>Cordón dunar litoral</b>
Presencia de arena seca en la playa alta
Cordón dunar sin cavitaciones (discontinuidades) en toda la extensión del arco de playa
Presencia de bañados y acumulaciones de arena con vegetación psamófila como sucesión del cordón dunar litoral
Presencia de vegetación herbácea nativa sobre el cordón dunar litoral
Estructuras de 1 metro cúbico o más que interfieran en la dinámica de sedimentos, observándose una acumulación de arena sobre un lado de la estructura y un déficit de arena en el otro lado
Cantidad de estacionamientos ubicados sobre el cordón dunar, por kilómetro lineal
Estructuras fijas, rígidas, de más de 30 cm de altura en la zona de playa intermareal
Interrupciones en el cordón dunar asociadas a descargas pluviales
Presencia de vegetación exótica (fundamentalmente garra de león, acacia y pinos)
Cantidad de discontinuidades en el cordón originadas por tránsito pedestre, por kilómetro lineal de cordón dunar
Cantidad de discontinuidades en el cordón originadas por tránsito vehicular (identificados por la presencia de huellas de vehículos y por el ancho del trillo) por kilómetro lineal de cordón dunar
Huellas de vehículos sobre la zona de playa o compactación del sustrato en la zona de playa
Presencia de concavidades en el terreno que indiquen extracción artificial de arena
Indicios de depósitos quaternarios en la playa o cordón dunar, sobre la superficie o enterrados
<b>Estepa psamófila</b>
Porcentaje de cobertura de vegetación herbácea nativa del 50%

Predominancia de especies características de la estepa psamófila asociadas al cordón dunar, en toda la extensión del arco de playa
Presencia de especies exóticas en particular especies invasoras como garra de león ( <i>Carpobrotus edulis</i> ) o <i>Cynodon dactylon</i>
Presencia de ejemplares de vegetación arbustiva arbórea exótica sobre el cordón dunar o en el área inmediata por detrás
Presencia de “senderos” o “trillos” o signos de pisoteo
Presencia de trillos de vehículos
Estructuras de 1 metro cúbico o más que interfieran en la dinámica de sedimentos, observándose una acumulación de arena sobre un lado de la estructura y un déficit de arena en el otro lado
Estructuras fijas, rígidas, de más de 30 cm de altura en la zona de playa intermareal
Interrupciones en el cordón dunar asociadas a descargas pluviales
Presencia de concavidades en el terreno que indiquen extracción artificial de arena
<b>Espacios verdes urbanos</b>
Porcentaje de cobertura vegetal por unidad homogénea de la trama urbana de la ciudad.
Índice Verde Urbano (OMS): Cantidad de áreas verdes urbanas públicas en donde predomina vegetación y elementos naturales del entorno, manejado por entes públicos existentes dentro del territorio, dividido para el número de habitantes de las zonas urbanas.
Disposición y configuración espacial de la cobertura vegetal en la trama urbana
Registro de denuncias por conflicto de usos de las áreas verdes con actividades antrópicas en el área de la Intendencia departamental con competencia en el tema
Tendencia histórica al aumento de la superficie construida dentro de la trama urbana y sobre los espacios periurbanos
Presencia de especies de flora exótica invasora en la trama urbana y/o entorno periurbano

## REFERENCIAS:

Borelli, S., Conigliaro, M., & Yujuan, C. 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Estudio FAO: Montes (FAO). 178.

Böhnke-Henrichs, A., Baulcomb, C., Koss, R., Hussain, S. S. & de Groot, R. S. 2013. Typology and indicators of ecosystem services for marine spatial planning and management. Journal of environmental management, 130, 135-145.

Brazeiro, A., Bresciano, D., Brugnoli, E. & Iturburu, M. 2021. Especies exóticas invasoras de Uruguay: distribución, impactos socioambientales y estrategias de gestión. RETEMA-UdelaR, CEEI-Ministerio de Ambiente, Montevideo, 226p.

Bozzo, A. 2021. Consultoría para apoyo al desarrollo e implementación de planes de arbolado urbano y áreas verdes departamentales considerando la capacidad de producción de viveros, para la adaptación al cambio climático y la variabilidad. NAP Ciudades. Plan Nacional de Adaptación en ciudades e infraestructuras. MVOT. MA. PNUD.

Brugnoli, E., Masciadri, S., & Muniz, P. 2009. Base de datos de especies exóticas e invasoras en Uruguay, un instrumento para la gestión ambiental y costera. Ecoplata, Montevideo, Uruguay, 23.

Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. 2005. Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). *Interciencia*, 30(5), 255-260.

CBD, Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2009. Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: Report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. CBD technical series.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. 2016. Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN: Gland, Switzerland, 97, 2016-2036.

Doswald, N., & Osti, M. 2011. Ecosystem-based approaches to adaptation and mitigation: good practice examples and lessons learned in Europe. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz.

Fagúndez, C., & Lezama, F. 2005. Distribución espacial de la vegetación costera del litoral Platense y Atlántico Uruguayo. Informe Freplata.

Fernández, A. 2021. Guía de interpretación e información ambiental para el desarrollo de medidas de adaptación basada en ecosistemas en entornos urbanos. NAP Ciudades. Plan Nacional de Adaptación en ciudades e infraestructuras. MVOT. MA. PNUD.

Gobierno de Canelones (07 de julio de 2021). Restauración dunar y despeje de la rambla en Guazubirá nuevo. Recuperado de: <https://imcanelones.gub.uy/es/noticias/restauracion-dunar-y-despeje-de-la-rambla-en-guazuvira-nuevo>.

ISTEC. 2020. Informe de propuestas y evaluación de alternativas. Proyecto “Fortalecer las capacidades para la adaptación al Cambio Climático en la zona costera”. AECID. MVOTMA.

Locatelli, B. & Kanninen, M. 2010. Servicios ecosistémicos y adaptación al cambio climático. Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina, 11.

M. A. D. S. 2018. Guía de adaptación al cambio climático basada en ecosistemas en Colombia, Ed. Punto Aparte, Bogotá, Colombia.

M. E. A. Millennium ecosystem assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 1134, 25-60.

Ministerio de Ambiente (03 de septiembre de 2019). Restauración costera y adaptación al cambio climático en Jaureguiberry. Recuperado de: <https://www.gub.uy/ministerio->

ambiente/comunicacion/noticias/restauracion-costera-adaptacion-cambio-climatico-jaureguiberry

Ministerio de Ambiente (28 de septiembre de 2020). Criterios para la Clasificación de Proyectos de Construcción de Viviendas en Faja de Defensa de Costas. Recuperado de: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/criterios-para-clasificacion-proyectos-construccion-viviendas-faja>

Ministerio de Ambiente (29 de marzo de 2023). Restauración dunar en Laguna Garzón. Recuperado de: <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/noticias/restauracion-dunar-laguna-garzon>.

MVOTMA. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (21 de noviembre de 2017). Restauración de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos con participación ciudadana. Presentación recuperada de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/noticias/4\_andres\_y\_angelitapresentacion\_estrategia\_bosques\_nov\_2017\_0.pdf

MVOTMA. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (2 de junio de 2020). Recuperación del ecosistema costero. Recuperado de: <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/comunicacion/noticias/recuperacion-del-ecosistema-costero>

MVOTMA. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (28 de marzo de 2019). Restauración de ecosistemas y sus servicios ecosistémicos con participación ciudadana. Presentación recuperada de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Las%20Brujas/PROGRAMA%20FRUTICOLA/Frutos%20nativos%202019/Frutos\_Nativos\_Andr%C3%A9s.pdf

Nin, M. 2013. Mapeo de servicios ecosistémicos en la cuenca de la Laguna de Rocha como un insumo para la planificación territorial. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

PPD. Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (2018). Esrolones. Ciudad de la Costa. Recuperado de: <https://ppduruguay.undp.org.uy/portfolio-items/estolones/>

Polvi, L. E., Wohl, E., & Merritt, D. M. 2014. Modeling the functional influence of vegetation type on streambank cohesion. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39(9), 1245-1258.

República Oriental del Uruguay. 2022. Segunda Contribución Determinada al Acuerdo de París.

Ríos, M.; Bartesaghi, L.; Piñeiro, V.; Garay, A.; Mai, P.; Delfino, L.; ... Soutullo, A. 2010. Caracterización y distribución espacial del bosque y matorral psamófilo. Montevideo: SNAP, EcoPlata. 72 pp.

Soutullo, A., Bartesaghi, L., Achkar, M., Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., ... & Rodríguez-Gallego, L. 2012. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR–CIEDUR/Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/Sociedad Zoológica del Uruguay. 20p.

Spalvier, A., Díaz, A., Marrero, I., Baliosian, T., Pielarisi, R., & Segura, L. 2021. Recomendaciones sobre Pavimentos de Hormigón Permeable. Grupo de Hormigón Estructural, Instituto de Estructuras y Transporte, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.

Speake, M. A., Carbone, M. E., & Spetter, C. V. 2020. Análisis del sistema socio-ecológico del estuario Bahía Blanca (Argentina) y su impacto en los servicios ecosistémicos y el bienestar humano. *Investigaciones Geográficas*, 73, 121-145.

Trimble Nuñez, M., Ríos, M., Passadore Real, M. C., Szephegyi, M. N., Nin, M., García Olaso, F., ... & Laporta Migués, M. P. 2010. Ecosistemas costeros uruguayos: una guía para su conocimiento 504:37-899. ECO. Averaves Cetaceos Uruguay Karumbé.

United Nations Environment Programme (UNEP). 2021. Adaptation Gap Report 2020. Nairobi.

WWF, U.S. 2016. Natural and nature-based flood management: A green guide. Washington, DC, 20.

Yochum, S. E. & Reynolds, L. V. 2020. Guidance for Stream Restoration. U.S. Department of Agriculture, Forest Service; U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management; Forest Service National Stream & Aquatic Ecology Center Technical Note TN-102.5. Fort Collins, Colorado.